



Las calzadas en las calles i en los caminos

POR

DOMINGO V. SANTA MARIA

(Continuación)

Esperiencias francesas

6). Los ingenieros franceses, en vista de los resultados de sus observaciones hechas en sus carreteras, declaran *que la pavimentacion hecha con adoquines de piedras, resiste a todas las causas de deterioro de las calzadas*; por lo tanto, en el «Congreso del Camino» Mr. Sigault declaró que debia recurrirse a los adoquinados de piedra, cuando se queria atender a una circulacion intensa de vehículos pesados; *i que se impone, tan pronto como los sistemas de Macadan u otros similares, por mucho cuidado que se tenga en ellos, tanto en su ejecucion como en su conservacion, a causa del tráfico, no duraban mas de tres años* es decir cuando la circulacion supera a 200 parejas de caballos por dia.

Lamenta Mr. Labardére, el uso de tan variadas dimensiones para los adoquines en Francia, declarando, la *inutilidad*, que hai en ello; llega, a la conclusion que, en la práctica *bastan tres modelos*, que son: los de 10/12/14 centímetros; los de 16/14/11 centímetros i los tallados, que pueden tener las mismas dimensiones anteriores, i tallarse con preferencia cualquiera de las caras i tener así 27 combinaciones, que son mas que de sobra para atender todas las necesidades del tráfico.

Las administraciones deben hacer segun Mr. Labardére, *que todos sus adoquines tengan el mismo largo*, sin exajerarlo; o bien tomar dos largos, como lo hacen los ingleses i alemanes, para poder normalizar las calzadas.

Los ingenieros ingleses, estiman que los adoquines de piedra, *son los mas económicos* en las calzadas, bajo el punto de vista de la conservacion, puesto que no exigen mas de 0.72 francos por metro cuadrado i por año. Pero, que ese pavimento tiene sus ventajas i sus inconvenientes; como ventajas tenemos:

- a) Que los esfuerzos de traccion son reducidos;
- b) Que los gastos de conservacion son débiles;
- c) Las reparaciones se hacen con facilidades i causan pocas perturbaciones en la circulacion. Condicion de mucha importancia cuando el sub-suelo de las calles tiene instalaciones de cañerías de gas, agua, etc.

Mr. Steele, pone en relieve la disminucion del esfuerzo de traccion, en una calzada bien adoquinada, con adoquines de piedras duras, siempre que sean colocadas sobre capas de hormigon no ménos de 0.15 de espesor, i sobre él un buen lecho de piedras gruesas acomodadas a mano i con su intermediario de un colchon de arena, mezclada con cal o cementos, *sobre todo donde hai líneas de tranvías*. Pero, si se quiere *disminuír la sonoridad i hacerlos impermeables* hai que colocarlos con mezclas de alquitranes i de asfaltos.

Desde hace muchos años, (adoquinados del puente de Lón-dres) recomiendan los modelos pequeños, de 3 a 4 pulgadas de ancho (7.6 a 10.16 centímetros) por 5 a 6 pulgadas de alto,

(11.7 a 17.8 centímetros) recomendando siempre los ménos anchos, porque se afirman mejor en ellos las cabalgaduras, i tienen mejor aspecto. Recomiendan tambien no exajerar su altura, por cuanto creen que la re-talla, es poco ventajosa en estos casos. Pero, los ingenieros ingleses insisten en demostrar *que la duracion* del adoquinado i su sonoridad, depende en gran parte, de su talla i por consiguiente que ella debe ser mui cuidada; por lo tanto preconizan la ejecucion de las juntas lo mas uniforme posible i de un centímetro de espesor, tolerándose un máximum de 2 centímetros en las calzadas de segundo órden.

En Inglaterra, las juntas de los adoquines se rellenan siempre con mastic para que el pavimento quede siempre impermeable i se haga ménos sonoro. El *mastic* se compone de arenas gruesas impregnadas, despues de colocadas, con una mezcla de alquitran caliente i aceites gruesos i algunas veces, con inyecciones de cementó. Pero, lo mejor, es con mezcla de betun de Trinidad o de asfaltos preconizado por la Municipalidad de Altana; mas tic que aunque un poco caro, da resultados mui satisfactorios, siendo preferible aplicarse mastic con azadas ó planas como se hace con los morteros en las albañilerías corrientes.

Conclusiones sobre los adoquinados

7). Desde que ninguno de los ingenieros que se ocupan de los caminos pone en duda que los adoquinados de piedra son las mejores calzadas i que sólo pueden sustituirse por otros sistemas cuando *su precio, por falta de buenas piedras naturales, pasa a ser excesivo*; es lójico que, donde falta el material natural, se haya tratado de reemplazarlo *por el artificial*; de ahí la serie de modelos de adoquienes artificiales.

Desde el año 1912, las esperiencias hechas en algunas calzadas italianas demostraron, que no sólo en los Estados Unidos, donde se habíaa usado desde algunos años ántes, *los adoquines de asfaltos comprimidos*, podrian reemplazar con

ventaja las de piedra, donde el material natural es caro. Ese mismo año, se usaron en Marsella, en los puntos donde ántes los adoquines naturales de piedras areniscas, con un costo de 30 % mas elevado que los artificiales, duraban mui poco tiempo; dada la gran diferencia en los precios, las ventajas de los adoquines artificiales se hacen sensibles, aun en muchas partes donde hai buenas piedras naturales, puesto que no debe olvidarse *que el buen adoquin debe ser bien tallado*, i esa condicion, que la realiza el molde, en los adoquines artificiales, cuesta mucha obra de mano, i caro, en las naturales.

A mas de eso, todos los adoquines artificiales hechos con conglomerados bajo fuertes presiones, *no tienen superficies que se pulan* con el rodado i por consiguiente *no son resbaladizos*. Como todos los pavimentos de asfaltos se reblandecen con el calor, i por eso se maltratan muchas veces en los grandes incendios; se han hecho esperiencias que ponen enteramente de manifiesto, que los adoquines de asfalto comprimido pueden resistir perfectamente las acciones de incendios mui violentos; como el que ocasionó la destruccion de un galpon de cemento armado, en Marsella, cuando en condiciones semejantes, los antiguos adoquines de areniscas tuvieron que ser rehechos completamente porque los adoquines se habian deteriorado completamente con el calor.

Los primeros que han usado los adoquines artificiales, fabricados con asfaltos naturales i arenas formando conglomerados comprimidos hasta con 4,000 toneladas por metro cuadrado, o sean 400 kilos por centímetro cuadrado, han sido los americanos, escojiendo las piedras mas resistentes para formar los ditritus i mezclándolos con 15% de asfalto natural. Las ventajas evidentes de estos adoquines son: que no se pulen; que siendo tan resistentes casi como los de piedras naturales tienen sus caras perfectamente planas sin los gastos del tallado; i su precio bastante menor que el adoquin de piedra por cuanto para formar las mezclas se aprovechan *los menudos de las canteras*, que casi no tienen valor comer-

cial. Donde se han usado estos adoquines han dado siempre buen resultado.

Sólo en puntos determinados pueden usarse los adoquines elaborados con las escorreas de los altos hornos; para elaborarlas, se hace que las escorreas se repartan en una capa espesa sobre un plano horizontal, donde se dejan enfriar lentamente: ántes que se endurezcan se cortan con hilo de alambre formando los paralelepípedos de las dimensiones que se quieran tener los adoquinés. Estos adoquines son excelentes i las experiencias han demostrado, que despues de ocho años de fuerte tráfico, se encontraban en perfecto estado, sin ponerse resbaladizos.

Sistema de Macadan

8). A causa del alto precio de los adoquinados, se buscó como era natural un sistema de calzadas barato para proteger las carreteras i fué el ingeniero ingles Mac-Adan quien lo descubrió, formando el afirmado con materiales menudos, de piedras chancadas escojiéndolas entre las mas duras i colocándolas por capas comprimidas para que formen una masa compacta. El espesor de las diversas capas de piedras, sobre la fundacion de hormigon similar a la de los adoquinados tiene por lo ménos, 0.40 de espesor i las piedras se encuentran chancadas en tres dimensiones por lo ménos, las que se colocan en tres capas sucesivas. Los primeros Macadan, se confeccionaban, sin ningun ligante, de modo que la compacidad, sólo se conseguia con el cilindrado que iba haciendo penetrar las piedras unas con otras, rellenándose los intersticios con sus propios ditritus i cuidando, por lo demas, que la capa superior *de rodado*, no estuviese formada por materiales excesivamente menudos i de ahí, que no se aceptasen, para el finiquito, sino piedrecillas de 0.03 de diámetro mas o ménos.

a) *Macadan natural*.—El Macadan natural da una calzada resistente para el tráfico corriente, i si al principio se genera

lizó poco, fué por dar mucho polvo en verano i barro en invierno; despues con los procedimientos usados para corregir esos defectos, el Macadan, fué la calzada mas usada en Inglaterra, donde las tres cuartas partes de las carreteras i de las calles de las ciudades tienen ese pavimento.

Para abaratar la obra de mano de su construccion, los ingenieros ingleses han construido una máquina especial para ejecutar directamente el Macadan, aun con los sistemas modernos, que tratan de formar *verdaderos conglomerados* con las piedras chancadas de diversas dimensiones. Por eso las máquinas, chancan las piedras, de tres dimensiones i cada vez que hacen una chancadura, con una dimension dada mezclan esas piedras con los alquitranes o breas que se usan ahora como conglomerantes; la reparten en capa sobre la fundacion i la cilindrean. Puesta una capa, se cambia la dimension del chancador i se repiten las mismas operaciones para colocar, la segunda i la tercera que va a servir de superficie de rodado. Las máquinas de formar Macadan, que usan los señores W. N. Murray costó 100,000 francos; pesó 25 toneladas, i es movilizada por un motor de 25 H. P. i camina con una velocidad de dos metros por minuto construyendo una faja de 7.50 m. del ancho de Macadan. Adelante tiene dos grandes cilindros de traccion i de compresion; despues, encima del marco, se encuentra el motor que manda el árbol principal por medio de una cadena sin fin; inmediatamente despues, un escavador elevador con capachos de acero que alternan con bloques llenos dispuestos en diversas fajas paralelas. El escavador puede elevarse o bajarse por medio de una palanca movida por sus engranajes. La parte mas delicada de la máquina es el *auto colocador*, compuesto de piezas de fundicion convenientemente ensambladas para producir la mezcla i alquitranadura de las piedras. Los materiales finos son removidos por medio de una bomba de arena colocada encima del auto colocador i que jira con 1,200 vueltas por minuto, por consiguiente, que lanza los materiales con mucha fuerza contra el suelo; i como ellos, por el al-

quitran o las breas, tienen ya de por sí cierta adherencia se forma la capa del espesor que se desea.

Uso de los conglomerantes

9). Los *Macadan naturales*, es decir compuestas exclusivamente de piedras chancadas, sólo tenían el defecto de ser sucios; defecto que se corrigió casi un año después de su jeneralización en Inglaterra, mediante los riegos con Westrumite dos veces al año, o con las alquitranados i más tarde con otras sustancias oleajinosas que se inventaron para esos usos.

Pero, después que se ha jeneralizado la circulación de los automóviles i auto-camiones en los caminos, ya las calzadas con *Macadan natural* quedaron deficientes, i de ahí el origen de los *Macadan con conglomerantes*.

Dstrucción por los autos

6). Las llantas duras i resistentes permiten a los vehículos circular fácilmente, sin deteriorar las calzadas, sino por trituración de sus materiales, cuando ellas han sido colocadas i cilindradas estando húmedas. Las llantas blandas de goma o caucho, producen sobre las calzadas de piedras chancadas cilindradas un efecto extraordinario de desagregación.

Los esfuerzos que se producen i que se transmiten al suelo debidos a las presiones; a los retardos de los desarrollos; a las fuerzas centrífugas, etc., se reúnen en una resultante *de destrucción* que desagrega los guijarros del macadan, los aísla i los deja en condiciones inestables, i por consiguiente, son lanzados por los vehículos que vienen más atrás.

En la carretera de «Ardenes», en la cual se había colocado una calzada nueva de macadan cilindrado con humedad, *fué totalmente destruida*, por la pasada de la serie de automóviles que corrieron con gran velocidad, en el poco tiempo que duraron los ensayos i las carreras de autos que se habían

anunciado en esa pista; i fué necesario rehacer enteramente de nuevo toda la calzada.

Con las llantas metálicas de los vehículos corrientes en el macadan, no hai mas que el polvo que se levanta i que es arrastrado por el viento, cuando la calzada no ha sido sino regada con agua; i despues, los que se provocan los desgastes, las lluvias i los deshielos, los que con las lluvias son arras-trados formando barros; lo que se corrije con los riegos con Westrumite o con los alquitranados.

Pero, ahora, con los autos, son ellos los grandes destructores de las calzadas macadanizadas, i los elementos naturales, han pasado a ser los secundarios de los desgastes. I para corregir esos desgastes anormales no hai otro recurso que formar una calzada mas o ménos elástica ayudándose con los alquitranes o hidro-carburos.

Las calzadas cilindradas con alquitran o hidrocarburos, no tienen mas recargos para su ejecucion, comparadas con las cilindradas con agua, que los gastos de los alquitranes o hidrocarburos que han de servir de conglomerantes i por eso son actualmente *de un uso corriente*, reemplazando las primitivas macadan.

Los ingleses fueron los primeros que pusieron en evidencia este hecho, usando lo que ellos llaman *tar-macadan*, en los cuales, los guijarros, ántes de ser usados en el afirmado, han sido bañados con alquitran caliente, o bien, lo que parece mejor, usando el procedimiento de las *pedras tritas en alquitran*.

Las calles de Lóndres son las que tienen mas tráfico, entre todas las ciudades i por ellas circulan á mas del gran número de vehículos pesados que sirven el comercio hasta el cab mas ligero i rápido: i para tener una idea, de lo que es ese tráfico, en el verano de 1907, en la calle Fleet-Street, no contando mas que el número de ómnibus i automóviles que circularon por dia, tenemos:

Omnibus arrastrados por caballos..	2,241
Automóviles.....	995
Total.....	3,236

I este tráfico se encuentra soportado por los *tar-macadan* hechos con piedras fritas, por el procedimiento siguiente.

Las piedras se calientan sobre una superficie plana, formada con planchas de fundicion colocadas sobre hornillos de cal i ladrillo. Ahí, las piedras chancadas i lavadas, se secan perfectamente; miéntras las breas o alquitranes se calientan aparte colocándolas en marmitas en otras hornillas.

Cuando las piedras, no sólo están secas, sino penetradas por el calor *en toda su masa*, i no sólo superficialmente, sin que por ello tomen temperaturas mui altas, son colocadas en una cancha bien nivelada i pisoneada, sobre planchas calientes, por capas de 15 centímetros de espesor i a medida que se van tirando sobre estas canchas las paladas de piedras, otro operario las rocea con alquitran caliente; i cuando todo está bien rociado, se da vuelta toda la masa i se bate con las palas, que es la operacion que los ingleses llaman *freir las piedras*. Un equipo de tres hombres puede mezclar o freir 10 toneladas de materiales en un dia de 10 horas de trabajo. El consumo de alquitran es de 35 a 40 litros par tonelada de piedras; pero, esta cantidad varia segun la naturaleza de los alquitranes i calidad de las piedras. Miéntras mas pesadas son las piedras mayor cantidad de alquitran necesitan.

Los materiales confeccionados en estas canchas quedan en ellas tres semanas a un mes; i despues, para emplearlos en los afirmados, se pone primero en el cofre una capa sólida de hormigon, sobre la cual se coloca una capa de piedras en bruto bien cilindrado; sobre ello otra de 0.10 de espesor ya con piedras preparadas i que tienen de 0.06 a 0.07 de diámetro como máximo i se cilindrean; i sobre la capa anterior, bien comprimida, se pone otra de 0.10 de espesor, pero, con piedras de 0.02 a 0.025 de diámetro, bien preparadas i que se

cilindrea perfectamente. Se pule despues la superficie con polvo de canteras o gravas finas, i se vuelve a cilindrar. El cilindrado, en estos casos, debe hacerse *siempre en las horas mas frescas del dia* para que los alquitranes no se calienten ni se peguen en los cilindros.

Un afirmado preparado como se ha indicado, *no presenta señales de desgastes sino despues de mucho tiempo de uso.*

Cuando el desgaste se manifiesta en forma de huellas o de baches, se limpian estas partes i se raspan cuidadosamente con escobas metálicas i se embeben con una capa de alquitran caliente sobre la cual se ponen los materiales nuevos. Cuando los desgastes no se atienden por piezas, i ya la superficie del afirmado está mui maltratada, vale mas demoler los primeros 7.5 centímetros i quitar el antiguo Macadan i poner otro nuevo despues de haber refrescado la superficie de la calzada con alquitran caliente.

En Inglaterra cuesta este afirmado 20 peniques la yarda cuadrada, contando solamente las piedras alquitranadas i la obra de mano. Los ingleses, para estas operaciones prefieren el alquitran de gas en bruto, es decir el que aun no se ha purificado; ese alquitran se hace hervir durante hora i media a dos horas, hasta que haya tomado una buena consistencia. Se le ensaya, poniéndolo entre el pulgar i los dedos; si se despega fácilmente, hai que hacer hervir mas el alquitran. Se cree que es inútil agregar breas, salvo caso que el Macadan se va a usar inmediatamente despues de hecho, lo que no es lo mejor. Sin embargo, hai muchos ingenieros en Lóndres que estiman que el Tar-macadan, se conserva mejor cuando se han usado breas en los alquitranes i creosota para hacer la mezcla ligante.

Los señores Sperber i Franzé, declararon en el «Congreso del Camino» de 1910 que dados los resultados que habian obtenido en Alemania con la ejecucion del *Macadan con materias conglomerantes*, como alquitranes, breas, etc. o bien con asfaltos en varias proporciones procediendo a la preparacion de las piedras en aparatos especiales, i cilindrándolos por

capas de poco espesor i concluyendo con capas de piedras finas para formar las superficies del rodado, los resultados obtenidos han sido satisfactorios en la mayor parte de las calzadas; i sólo en Hambourg este afirmado no ha resistido; i este fracaso, lo han atribuido *a que por andar lijero*, el cilindrado fué defectuoso i hecho cuando el alquitran estaba aun mui líquido. Tambien dan como esplicacion del fracaso, la clase de alquitran usado en Hambourg, que la declararon inadecuada para este trabajo.

En Béljica tambien se han usado los alquitranes como conglamerantes; i los resultados han sido malos, confesando los mismos ingenieros que la causa del fracaso, *ha sido el exceso de alquitran*; puesto que los resultados han sido despues satisfactorios cuando, imitando a los ingleses, han puesto poca cantidad de alquitran.

Por consiguiente, el *Tar-macadan*, bien preparado ha tenido i tiene a la fecha, muchas aplicaciones mui felices; sobre todo en las carreteras, porque se da mucha importancia a la penetracion del aire puro en la pared de la calzada, lo que no se consigue en las calles de las ciudades. Pero, todos están de acuerdo que, para el éxito, hai que calentar bien las piedras i secarlas perfectamente.

Empedrados

10). Poco hablaremos de los *empedrados* con las piedras del rio, como las que usamos nosotros constantemente en los afirmados de casi todas nuestras calles secundarias, por cuanto, si bien ese pavimento es económico, no soporta en realidad la circulacion de los vehículos pesados como nuestras carretas. Para que *los empedrados*, se mantuviesen en buenas condiciones, seria necesario trabajarlos bien, con buenas fundaciones i *reglamentar debidamente el tráfico*. Ahora, si se reglamenta el tráfico, de modo que las llantas de los vehículos no maltraten los empedrados, resulta inmediatamente que las calzadas *enladrilladas* resistirán lo mismo i

son mas suaves i por consiguiente desterrarán los empedrados, como pasa constantemente en Estados Unidos, donde ya es preferente la calzada enladrillada, en las carreteras i calles secundarias *donde se ha limitado el peso de los vehiculos* i reglamentado sus llantas.

Entre nosotros bien difícil será que se llegue a reglamentar el peso de los vehículos de modo que las calzadas empedradas o enladrilladas se mantengan en buen estado i de ahí que no podamos pensar en ellas, sino como en una pavimentacion auxiliar, económica, para las vías secundarias.

Es evidente, por otra parte, que el costo de los empedrados dependerá especialmente de sus fundaciones; i por consiguiente, que si se han de colocar sobre fundaciones de capas de hormigon con cofres de arena, como se ha hecho en algunas calles en Santiago, se tiene un revestimiento mui económico de primera instalacion; pero que exige frecuentes reparaciones para deshacer los baches que, por el escurrimiento de las arenas por entre los intersticios de las piedras, se forman constantemente con el tráfico.

11). Mr. Chaire-Marsaines, haciendo por esperiencias, la comparacion entre las calzadas *adoquinadas i las empedradas*, llegó a las siguientes conclusiones:

1) Los gastos de conservacion de una calzada adoquinada, son inferiores *a los de las empedradas* en la relacion de 1 a 2, para los caminos imperiales; es decir, para los de primer órden entre nosotros. Advirtiendò que en muchas de esos empedrados las piedras han sido ligadas con mezclas, lo mismo que los adoquines. I en la proporcion de 5 a 7 para los caminos departamentales, i de 5 a 6 para los vecinales de gran tráfico.

Luego, las observaciones anteriores confirman plenamente lo dichò que los empedrados encontrarán mui buenas aplicaciones en las carreteras, por el poco costo de la calzada,

si se reglamenta debidamente *el peso* de los vehículos, haciéndolo un poco menor en los adoquinados, puesto que las cifras anteriores se refieren a gastos de conservacion *con circulaciones iguales* en ámbas calzadas; i por consiguiente, si se disminuyen los pesos en los empedrados, los gastos de conservacion quedan casi iguales a los de los adoquinados, i miéntas tanto, sus costos de instalacion son ménos de la mitad, en jeneral casi $\frac{1}{3}$ del de los adoquinados.

2) La segunda observacion que resulta de las esperiencias comparativas de ámbas calzadas, es que en los adoquines, los pesos trasportados por los mismos vehículos, durante el invierno, son iguales con un décimo de aproximacion a los trasportados durante el verano. Miéntas que en los empedrados los primeros, es decir, los de invierno, son inferiores a los del verano en $\frac{1}{3}$. Este considerando puede tener cierta importancia en algunas calles de ciudades; pero, para nuestras carreteras, lo creo de poca influencia relativa, por cuanto, el tráfico de invierno de nuestras carreteras es siempre menor que el de verano.

3) El peso trasportado sobre calzadas adoquinadas, por una misma pareja de caballos o yunta de bueyes, es superior al que las mismas parejas pueden trasportar en empedrados, *en un cuarto* durante el verano i en $\frac{3}{5}$ durante el invierno.

La observacion anterior pone de relieve las ventajas de los adoquinados en las carreteras de primer orden; i esa observacion da como carolario la siguiente:

4) La fuerza gastada por los caballos en los arrastres de carretones por los empedrados, es superior a las que ellos gastan en los arrastres en adoquinados, en $\frac{1}{3}$ durante el verano i en $\frac{3}{4}$ durante el invierno; o sea en $\frac{2}{5}$ como término médio durante todo el año.

Se ve por lo anterior, dadas las esperiencias de Gasparin, que hai un mejor aprovechamiento de la enerjía animal usando las calzadas adoquinadas. Para poner de relieve este hecho, que tiene mucha importancia para los acarreos, bastará que consideremos *los esfuerzos utilizables diariamente*

de un caballo corriente de 500 kilogramos de peso, trabajando en servicios de acarreo por calzadas adoquinadas i por otras empedradas, i tendremos: aplicando la Lei Gasparin, en los adoquinados:

	Kilográmetros
$5,400 \times p = 5,400 \times 50 = \dots\dots\dots$	270,000
En los empedrados, tendremos como termino médio, una pérdida diaria de $\frac{2}{5}$ o sean.....	108,000
Quedando como esfuerzo disponible para los arrastres en empedrados..	162,000

Se ve entónces, que en las calzadas de primer órden, el aumento de gastos que exige el adoquinado, queda de sobra compensado con lo que se gana en la tracción.

5) Pero, en cambio de las ventajas enumeradas, tenemos que las calzadas adoquinadas son mas duras que las empedradas; i por consiguiente *mas resbaladizas*, de donde, poco convenientes para trasportes en superficies inclinadas, i con velocidades. Miéntras que las empedradas son mucho ménos resbaladizas, i por lo tanto convenientes para los trasportes rápidos i en superficies inclinadas, aunque realmente el rodado superficial es mas áspero.

Esta cuestion de las carreteras con fuertes inclinaciones, tiene interes para nosotros, donde nuestros caminos tienen constantemente que vencer fuertes diferencias de niveles, i por eso voi a esplayarlo un poco mas.

Si como hemos visto, la traccion de los vehículos en las calzadas adoquinadas, *en horizontal o con pocas inclinaciones*, tiene gran ventaja sobre las empedradas, cuando la marcha de la circulacion *es lenta*, como pasa siempre con los acarreos pesados de las carreteras de primer órden, porque los coeficientes de frotamiento, en esos casos, entre los adoquinados i empedrados, están en la relacion de 2 a 3, esa ventaja va haciéndose ménos sensible a medida que la inclinacion i de la calzada aumenta; efectivamente, tenemos:

Llamando f el coeficiente de rodado en empedrados; i f' , el mismo coeficiente en los adoquinados; i T , T' , los esfuerzos de traccion correspondientes, serán:

$$T = (Pf + i) \text{ para los empedrados;}$$

$$T' = (Pf' + i) \text{ para los adoquinados;}$$

Luego:

$$\frac{T}{T'} = \frac{f+i}{i+f'} \text{ i para los horizontales } i=0. \frac{T}{T'} = \frac{f}{f'}$$

La relacion $\frac{T}{T'}$ en horizontal, es término medio de $2/3$; pero en planos inclinados, tomando $f=0.02$ $i f'=0.03$ tenemos:

Valores de $i=0.00 \dots 0.01 \dots 0.02 \dots 0.03 \dots 0.04 \dots 0.05$

Valores de $\frac{T}{T'} = 2/3 \dots 3/4 \dots 4/5 \dots 5/6 \dots 6/7 \dots 7/8$

Luego la relacion se aproxima a la unidad a medida que la inclinación i aumenta, i quedan a favor de los empedrados las condiciones ventajosas de ser ménos resbaladizas.

6) *La conservacion* de un buen adoquinado, *es mas dificil; pero ménos frecuente* que la de los empedrados; por lo tanto, hai ménos interrupciones en el tráfico. Pero las reparaciones de los empedrados son ménos costosas, aunque, en realidad, tengan que ser mas frecuentes que las de los adoquinados.

7) Cuando Mr. Chairè-Marsaines hizo sus experiencias, llegó a la conclusion de que los empedrados *son mas sucios* i dan mas barro en invierno i mas polvo en verano que los adoquinados. Las mismas conclusiones tenemos que contemplar nosotros, aunque ya hace años, *dejaron de ser ciertos en las calzadas europeas*; puesto que, con el uso racional de los riegos con Westrumite o con alquitranes, etc., *todas las calzadas europeas bien cuidadas no dan ni polvo en verano, ni barro en invierno*; luego, lo anterior, si se realiza, muestra sólo que los Municipios o autoridades encargadas de la con-

servacion de las carreteras o de las calzadas de las calles, *no las atiende como deben ser atendidas* puesto que hai elementos, *que no son costosos*, que suprimen todos esos inconvenientes. Yo no conozco, ningun Municipio en Chile, ni ninguna oficina fiscal que haya dado el menor paso para intentar suprimir el polvo en verano, que entre nosotros, en Santiago, es mas molesto que los barroes en invierno. Por qué? No es difícil encontrar la respuesta al ver la composicion i actuacion de nuestros Municipios.

Mr. Dupuit, haciendo la comparacion entre los adoquinados i los empedrados, *bajo el punto de vista del rodado*, dice que las calzadas empedradas son ménos bulliciosas i dan ménos trepidaciones para los edificios vecinos i ménos choques para los vehículos i para los caballos, que los adoquinados. En tiempo de neblinas los adoquines se ponen resbaladizos, miéntras que el rodado casi no sufre alteracion en los empedrados.

12) Si hacemos la *comparacion económica* de los dos sistemas de calzadas, el empedrado i el adoquinado, veremos inmediatamente que los adoquinados tienen un costo mucho mayor de gastos de primera instalacion; pero que sus gastos de conservacion son menores i tomando en cuenta los detalles Mr. Durand-Claye ha resuelto la cuestion, por medio del cálculo siguiente:

Llamemos C, el capital disponible; A = costo kilométrico de primera instalacion de una calzada con un sistema de afirmado que se quiere estudiar.

Luego, se podrián construir, con la suma disponible:

$$\frac{C}{A} = \text{kilómetros de calzada.}$$

Sea T, el tonelaje kilométrico *que circulará por ese camino*;

P = precio del transporte de una tonelada kilométrica, que se puede calcular por la fórmula.

$$P = p + \frac{A(r+a) + E}{T}$$

en la cual:

p = gastos hechos por el público o tarifa;

r = tasa del interes corriente del dinero;

a = tasa de la amortizacion del capital;

E = gastos anuales de conservacion por kilómetro:

I tendremos que la utilidad del capital invertido en la calzada que se estudia, será proporcional a:

$$\frac{\frac{C}{A} \cdot T}{P}$$

Con otro sistema de calzada, haciendo cálculos semejantes, tendremos:

$$\frac{\frac{C}{A'} \cdot T'}{P'}$$

Por consiguiente, debemos tener:

$$\frac{T}{A P} > \frac{T'}{A' P'}$$

para ver cual es el sistema mas ventajoso *comercialmente hablando*.

Entadrillados de las calzadas

13). A mas de los anteriores, hai muchos otros sistemas de afirmados, que se usan con mas o ménos éxito en varios paises, pero que, por su naturaleza, no calzan con las exigencias de la mayoría de nuestras carreteras ni de las calles de nues-

tras ciudades i de ahí que sean casi completamente desconocidos en Chile, aunque son dignos de alguna atencion, los siguientes, que pueden ser usados ocasionalmente en algunas localidades.

a) *Calzadas enladrilladas*.—Las calzadas enladrilladas se han usado durante mucho tiempo, casi esclusivamente en Holanda, donde los vehículos que circulan por las calles de sus ciudades i por sus carreteras, *son todos de tipos livianos*, puesto que las mercaderías pesadas son trasportadas a flote por las canales.

Los holandeses tienen un ladrillo especial, mui resistente, que es apropiado para estos usos; i sin embargo, en ellas, *las cargas tienen como límite 1,235 kilos* para los vehículos ordinarios, con escepcion de las diligencias postales que pueden tener hasta 2,000 kilos, pero con ruedas que tengan llantas de 0.09 de ancho por lo ménos. Cuando las diligencias de servicios postales i de pasajeros, pesan 2,500 kilos, se les exige que sus ruedas tengan llantas de 0.11 de ancho; i para ruedas con llantas de 0.14, se admiten vehículos con un peso de 4,000 kilos. Estas calzadas se conservan mui bien, cuando se usan en ellas ladrillos que resisten entre 55 a 70 kilos por centímetro cuadrado a la compresion.

Despues se han usado i se usan hasta la fecha, en algunas ciudades i calzadas en los Estados Unidos, sobre todo en los alrededores de Chicago, donde, usándolas creosotadas i con junturas de mastic, dan mui buenos resultados.

Los ladrillos de buena calidad i creosotados, dan tambien mui buenos resultados en las calzadas de Woshville (Estados Unidos), por cuanto la creosota, a mas de endurecer el ladrillo, tiene la propiedad de ponerlos impermeables: en esas calzadas se observó que en las calles *de fuerte tráfico*, los enladrillados se conservaban mui bien *por lo ménos durante tres años de uso*.

I en Ohio, Illinois i Virginia, en las calles con circulacion activa, los pavimentos con ladrillos creosotados i betuminados, se conservan en buen estado aun durante *seis años de*

uso. La razon de estos buenos recultados de los pavimentos de ladrillo en Estados Unidos se encuentra *en la buena clase del material*. Existe actualmente en Estados Unidos una compañía especial para la fabricacion de *ladrillos de pavimentos*, produciendo materiales de primera clase, que muchos los estiman superiores a los holandeses.

Los ladrillos usados en las calzadas holandesas, son mui duros, especialmente los de Amsterdam, fabricados con sedimentos que se encuentran en las orillas del Rhin i del Meusa, que se conocen en el pais con el nombre de «*Waal klinkers*», i dada la reglamentacion del peso de los vehículos con respecto a sus llantas, esos ladrillos duran, en las calzadas holandesas 25 años. *si se tiene el cuidado de rellenar constantemente las juntas con arena*, para que no se maltraten sus bordes. Las calzadas enladrilladas americanas, como se ve, tienen mucho ménos duracion que las holandesas; pero los americanos *no han reglamentado el peso de los vehículos con la estrictez que lo han hecho los holandeses*. El cotejo de esas cifras, hace creer que cuando los enladrillados *no son caros*, aun con la duracion de *seis años* de las calzadas americanas fatigadas con un tráfico pesado, pueden ser mas económicos que los empedrados, i aun que los Macadan deficientes o mal hechos.

Dados los buenos resultados obtenidos en Holanda, los rusos, han enladrillado muchas de sus carreteras con «*Klinkers*» i para ello el Estado ha establecido algunas fábricas; los vehículos rusos, como los holandeses, no pesan mas de 4 a 5 toneladas, i usan ruedas con llantas anchas.

Las calzadas enladrilladas con «*Klinkers*» en Hanovers, están tambien dando excelentes resultados i esos materiales resisten bien presiones de 400 kilos por centímetro cuadrado i dan superficies planas i no resbaladizas.

Nosotros tenemos *excelentes gredas* i no dudo que se encuentren similares a los «*Klinkers*»; por consiguiente, tenemos ahí un elemento con que hacer buenas calzadas i baratas, las que pueden durar en buen estado *hasta 25 años* de

uso, siempre que seamos cuerdos como los holandeses i reglamentemos el peso de los vehículos.

En Estados Unidos, los ladrillos despues de secos i calentados son sumerjidos durante algunos minutos en el betun o creosota hirviendo i estiman que el alquitran de hulla reemplaza bien la creosota, siendo jeneralmente mas económico. Para colocarlos en las calzadas, se principia por lavar bien, *a toda agua*, la superficie antigua de las calzadas, colocándose despues una capa de arena de 0.03 m. de espesor bien comprimida i emparejada. Sobre ella se colocan los ladrillos de plano o de canto con 0.11 de altura, con juntas alternadas que se llenan con alquitran. En las calzadas nuevas, despues que los cofres han sido bien nivelados i cilindrados, se coloca una capa de piedra chancada o cascajos de 0.10 la que se comprime fuertemente con los rodillos; sobre ella se pone la capa de arena de 0.03 i despues el enladrillado: la mejor colocacion del ladrillo es de canto, de modo que van dando un espesor de 0.22 m.

En Estados Unidos, donde no hai una buena reglamentacion para los vehículos que deben circular por las calzadas enladrilladas, ya hemos visto que éstas perecen con tráficos pesados, despues de seis años al máximun, *por desgaste*. El deterioro mas frecuente en esas calzadas, son *las trizaduras* que hacen saltar los pedazos de ladrillos bajo la influencia de los golpes de las herraduras de los caballos. Este inconveniente se disminuye sensiblemente cuando las juntas de los enladrillados se rellenan *con mezclas de cemento*, puesto que así se defiende mejor la parte débil de los ladrillos.

Pero lo principal se consigue siempre usando material de primera calidad i hoi se fabrican a máquina, sometiendo las arcillas a fuertes presiones. Por otra parte, los americanos se han ido convenciendo, *que toda calzada, para que sea duradera, se necesita que tenga buenas fundaciones*; i por consiguiente, que sus primeros procedimientos de construccion, que ya hemos descrito, *eran insuficientes* i, por lo tanto, que donde

hai un regular tráfico, ya se hace necesaria la fundacion *sobre capas de hormigones*.

Por otra parte, el estudio de los enladrillados americanos, ha hecho ver que *los buenos ladrillos vitrificados tienen una duracion similar a las calzadas hechas con hormigones, i aun son mas resistentes i dan ménos polvo*.

Cuando las calzadas tienen tranvías, se producen siempre trizaduras a lo largo de las vías, las que se pueden evitar *permitiendo la flexion de los rieles* bajo el peso de los tranvías en marcha; o bien estableciendo las vías en condiciones de *solidez tal que se impidan las flexiones laterales*.

Tambien se producen rasgaduras trasversales, *cuando las juntas de dilatacion no son bastante anchas*: i son estas rasgaduras trasversales son las que provocan los primeros deterioros, puesto que en ellas quedan puntos ménos resistentes para los golpes de las herraduras. Los mismos deterioros se producen cuando se entregan las calzadas a la circulacion, *inmediatamente despues de haber sido rellenadas las grietas i repasadas sus juntas*. Cuando, para la conservacion, se ejecutan las operaciones de rellenos de juntas o grietas, *la calzada debe mantenerse húmeda i protegida hasta que los morteros hayan fraguado por completo*, o sea, mas o ménos ocho dias.

Por otra parte, se ha estimado como conveniente que *no se exajeran* los espesores de las juntas de dilatacion, en las calzadas recién construidas i por cuanto provocar cierta compresion en el sentido lonjitudinal, tiene por efecto casi suprimir las trizaduras trasversales. Llegándose aun a constatar que algunas de éstas calzadas se han deteriorado *por exceso de la compresion lonjitudinal* producido por las dilataciones térmicas, las que han provocado el solevantamiento de las juntas trasversales.

La supresion completa de las juntas de dilatacion parece aun mas recomendable en muchos casos tomando las precauciones siguientes:

a) Exijiendo que los ladrillos queden espuestos al aire i a la lluvia *durante un año* antes de ser colocados en las calzadas

i porque, durante todo ese tiempo, *hai como desechar* todos los ladrillos que hayan sido deteriorados por el calor del verano o los fríos i humedades del invierno.

b) Alquitranando los ladrillos i las juntas, porque así quedan mui aptos para resistir la intemperie, puesto que absorven ménos las humedades i el calor. Además, el alquitran empleado en el relleno de las juntas hace que ellas queden siempre *un poco plásticas i elásticas*, i por consiguiente, que se presten mejor a los efectos de las dilataciones i contracciones, que las juntas ejecutadas esclusivamente con cementos.

I, en estas condiciones, pavimentos con ladrillos, son tan estimados en Estados Unidos que se usan siempre en las superestructuras de los puentes.

Los gastos de conservacion de las buenas calzadas de ladrillos son casi insignificantes; así, muchas calzadas americanas construidas en 1891 a 1901 no han exijido ningun gasto hasta 1913, sin que las heladas i el tráfico las hayan maltratado de manera que exijan trabajos extraordinarios.

En Estados Unidos el sistema de creosotaje o alquitranadura de las juntas que se usaba hasta el año 1888, ha sido reemplazado por el de *calajateo* i repaso de las juntas con mezclas o coladas de cemento, procediéndose como sigue: los ladrillos se colocan cuidadosamente de canto, con el canto mejor hacia arriba i lo mas juntos posibles unos de otros formando anillos perpendiculares al eje longitudinal de la calzada; el lado mas largo, formando ángulo recto con el eje. En las soleras contra las veredas, se colocan juntas elásticas i transversalmente, cada 25 pies (7.62 m.). Las primeras se hacen de 25 m/m de espesor i las transversales sólo de 18 m/m: estas *juntas elásticas*, deben tener todo el espesor del pavimento i son hechas jeneralmente de diversas mezclas de asfaltos, cuidándose que queden perfectamente a nivel con las calzadas, sin dejar ni polvos ni detritus, etc., entre los ladrillos.

Para rellenar las juntas usan constantemente la mezcla siguiente: una parte de arena de buena calidad, una parte de cemento Portland mezcladas íntimamente *en seco i por pequeñas porciones*; se le agrega despues el agua de manera que forme una pasta de consistencia de una crema lijera, la que se ajita constantemente en el momento de usarla. Esta mezcla se vacia en las juntas hasta que aparezca en la superficie; pero, se riegan abundantemente los ladrillos ántes de colocar las mezclas de cemento, cuidando que se quiten todos los cuerpos estraños que se hayan introducido en las juntas, arenas, etc. Cuando haya endurecido el cemento, se coloca sobre toda la superficie de la calzada una capa de arena de media pulgada (1.25 cent.) de espesor, i si el tiempo es mui seco se mantiene constantemente húmeda esta superficie, regando la arena durante tres días.

En Rusia *la duracion media de las calzadas enladrilladas*, que tienen una circulación media de 1,500 vehículos pesados i 1,000 lijeros por día, *es de 10 años*, con circulaciones mayores, como por ejemplo de 4,000 a 5,000 vehículos por día, la duracion se reduce a *seis años*.

Por otra parte, todos los pavimentos con ladrillos, sobre todo los con Klinkers, son poco sonoros; *pero tienen el gran inconveniente de tener un fuerte coeficiente de desgaste, i por eso dan a veces mucho polvo en verano i barro en invierno*, inconveniente que hai que corregirlo con los riegos con Westrumite u otras sustancias similares.

Las *resistencias de los ladrillos* a la ruptura varían de 110 a 500 kilos por cent. cuad. contándose corrientemente con 200 a 300 kilos por cent. cuad. para los buenos materiales, i con 400 a 500 para los de *superior calidad* que son los que deben emplearse en los pavimentos. Si consideramos ahora los vehículos mas pesados que circulan en las calzadas europeas, tenemos que pesan 12 toneladas sobre 4 ruedas, o sean $12,000 : 4 = 3,000$ kilos *por rueda* por consiguiente, con llantas adecuadas, se ve que los ladrillos son mui capaces de resistir las cargas, puesto que las resistencias de los ladrillos de su-

perior calidad, *son en 15 superiores a las de todos los asfaltos comprimidos usados en la pavimentacion.*

Aun usando en las calzadas, buenas ladrillos que den 300 a 350 kilos de resistencia por centímetro cuadrado se tiene un buen pavimento que *puede asegurar la circulacion* de vehículos con ruedas cargadas con 3,000 kilos c/u, puesto que se tomó como carga permanente 1/10 de la de ruptura.

Hai que hacer notar tambien que la introduccion de alquitran o creosota en los poros de los ladrillos *aumenta la resistencia a la compresion* i que la presencia de estas materias viscosas, que las mas grandes presiones no pueden espulsar de sus poros, se oponen, hasta cierto punto, a las deformaciones que ocasionan las rupturas de los ladrillos, cuando no están impregnadas con ellas i contribuyen a que se produzca en el interior de la masa del ladrillo una distribucion mas uniforme de las presiones que recibe. Por eso, los ladrillos que se rompen bajo las presiones de 95 kilos por centímetro cuadrado despues de impregnados con 12 % de betunes aumentan sus resistencias hasta 153 i 189 kilógramos, es decir de un 61 a 99 %. Esta propiedad de los betunes era conocida de los antiguos i se usaba ya en Babilonia. Pero todos están de acuerdo en exigir ahora para las calzadas ladrillos *con una resistencia mínima de 300 a 350 kilos por centímetro cuadrado* ántes de su alquitranadura o creosotaje, i con ellos se tienen pavimentos de primera clase. Las *asfaltos comprimidos* no dan mas de 150 kilos a los 15° de temperatura i 300 kilos a cero grado: se comprende entónces que se fracase completamente con ellos como hemos fracasado nosotros queriendo introducir *a fortiori* un material que no calza con nuestro clima. Las esperiencias hechas en Inglaterra con los asfaltos, son enteramente concluyentes respecto a su poca resistencia con los calores i por consiguiente que es un pavimento *absurdo* en climas cálidos.

De las consideraciones espuestas anteriormente se deduce por las esperiencias hechas en Estados Unidos, Rusia, Bélgica i Holanda, que las calzadas enladrilladas tienen las

propiedades siguientes, reglamentando las cargas i las llantas de las ruedas de los vehículos.

I. Que es una pavimentacion *barata* como gasto de primera instalacion comparándola con los sistemas de pavimentacion corrientes (6 francos el metro cuadrado sin las fundaciones de hormigon segun las esperiencias hechas en Bruxelles en 1907).

II. Que los gastos de conservacion son notablemente bajos:

III. Que en Estados Unidos despues de 12 a 20 años de uso están aun en estado de servicio; mientras que las calzadas con adoquines de madera no han durado mas de 6 a 9 años.

IV. Que bien atendidas, no tienen polvo ni barro, i no meten ruido i no dan trepidaciones, ni son resbaladizas.

V. Que son homogéneas i suaves para el rodado i por consiguiente que facilitan la traccion de los vehículos.

VI. Que son hijiénicas, que no tienen los grandes defectos de la pavimentacion con adoquines de madera. Las pavimentaciones con maderas fermentan o se pudren i dan emanaciones malsanas, así como detritus, etc., que atacan los organismos.

Por los considerandos anteriores, los ingenieros encargados de los caminos, etc., lo recomiendan como uno de los mejores sistemas a la fecha. Algunos ingenieros no son partidarios del uso de los lechos de arena en las fundaciones, i estiman *que los ladrillos deben colocarse directamente sobre los hormigones*; porque dicen que no hai que olvidarse que la eficacia de estas calzadas está en la buena confeccion de sus juntas con materias elásticas e impermeables, las que no deben deformarse, lo que se consigue mejor quitando el intermedio de la arena que puede ocasionar desformaciones i hundimientos de los ladrillos.

Nosotros, tenemos buena materia prima, para hacer ladrillos de primera clase; podemos, por lo tanto, considerar que esa pavimentacion sería adecuada, si hubiese fábricas que suministren un buen material.

Otros pavimentos

a) *Asfaltos*.— Hai muchos otros sistemas de pavimentacion; pero que por su naturaleza no son aplicables entre nosotros i por consiguiente, que no tenemos para qué mencionarlos. Tampoco entraré en los detalles de las *pavimentaciones de lujo como los asfaltos*: puesto que ninguno de esos sistemas, llámense de *asfalto Trinidad*; llámese *asfalto Roca*, etc., es adecuado con nuestro clima i, por consiguiente, *siendo caro* como gasto de primera instalacion, *duran poco, tres o cuatro años*; es decir son los pavimentos que usan los Municipios *que tienen plata que botar*, pero de ninguna manera los que la adeudan, i justamente que la adeudan por haber hecho gastos inconscientes en esas famosas calzadas de lujo de asfalto, que en Santiago se reblandecen de tal manera que aun las simples victorias dejan marcada la huella al recorrerlas.

La oficina del Alcantarillado tiene ya datos suficientes que le ponen en evidencia el absurdo que cometemos en seguir encaprichándonos con los pavimentos de asfaltos en nuestras calles.

Los informes pasados por los señores Jorje Calvo Mackenna i Enrique Döll sobre las calzadas de asfalto de Santiago, no necesitan comentarios; demuestran por sí solos, hasta la evidencia, que esa pavimentacion *no es para nuestro clima*; ya hice notar, que segun las mejores esperiencias hechas en Lóndres, los buenos asfaltos a la temperatura de 15 grados centígrado, sólo tienen una resistencia de 150 kilos por centímetro cuadrado.

¿Cómo poder usar ese material, en una ciudad donde su temperatura media es mas de 15° i donde en verano se tiene 27 i 28 grados *a la sombra*, i por consiguiente donde *los mejores asfaltos puestos al sol, se ponen pastosos i se corren*, i hacen que los transeuntes anden como pisando en planchas calientes? Hai que confesar que si nuestro Municipio i el ve-

cindario piden i claman por las calzadas de asfalto, *es por vanidad* i por no ser ménos que las grandes ciudades, que colocadas por la naturaleza en latitudes distintas a las de Santiago, i con atmósfera distinta, no con el aire esencialmente seco de nuestro capital, pueden soportar la pavimentacion de asfalto, *gracias a un gasto permanente de conservacion i de riegos*, los que no podemos hacer nosotros. Paris cuida sus asfaltos hasta llegar a regarlos *cuatro veces al día* en el verano. Si Santiago quiere regar sus asfaltos cuatro veces al día *deja sin agua de bebida a sus habitantes*. Ya con lo que se gasta de agua potable en los riegos actuales, hace que en algunos casos, el agua de bebida escasee es evidente que llegaríamos al absurdo, de preferir el pavimento a las necesidades de los habitantes, si intentasen hacer mayores riegos, *para atenuar*, sin llegar a impedir, el reblandecimiento natural de los asfaltos *por nuestro clima*.

Aun el uso de los asfaltos en las veredas, lo estimo *inadecuado* por cuanto se reblandece i se calienta de tal manera que es bien molesto para los transeuntes, cuando un buen hormigon. pisoneado i alisado realizaria una vereda mui superior i casi del mismo precio. I si tuviésemos buenos ladrillos, ese tambien seria un sistema mui satisfactorio para las veredas.

b) *Calzadas con mastic*.— Lllaman *mastic* a las pastas de cal, breas comprimidas, compuestas como sigue:

Arena delgada, bien limpia i seca.....	0.72 m. cc.
Creta en polvo.....	0.36 »
Cal comun apagada en polvo.....	0.12 »
Brea grasa, de alquitran.....	90 kiles
Aceites pesados de alquitran.....	10 »

Para *ejecutar los mastic*, el Comité oficial de los caminos ingleses, da las siguientes instrucciones:

Se llenan con breas los fondos de 2 o 3 toneladas i se prende el fuego bajo ellos, el que se mantiene constantemente,

hasta que las breas, al cabo de 4 o 5 horas, quedan completamente fundidas. Se guarda un fuego vivo hasta que las breas tomen la temperatura de 300 grados Fahrenheit, i en ese momento, se les agregan los aceites i se revuelve todo para formar una mezcla homogénea. Se abren las puertas del hogar para hacer bajar la temperatura hasta los 170 o 250 grados Fahrenheit. Entónces las breas pueden ser utilizadas, pero hai que cuidar de removerlas constantemente, ántes de sacarlas de los fondos. En caso de mal tiempo, que paralice los trabajos, se cierra el registro i se deja descender la temperatura de las breas a 200 grados, pudiendo guardarse mucho tiempo a esta temperatura con un fuego cubierto consumiendo mas o ménos 3.15 kilos de coke por hora.

Se recomendará siempre tener un termómetro con proteccion metálica, para que indique la temperatura de las breas fundidas. Despues, cuando se quieren reanudar los trabajos, basta hacer subir la temperatura hasta que ella sea favorable para la utilizacion de las breas. Se tiene al mismo tiempo la arena i la creta, i la cal en polvo, para mezclarlas íntimamente en seco, en las proporciones ya indicadas; i esa mezcla, se calienta hasta los 400 grados Fahrenheit i se hecha sobre las breas fundidas, para formar un conjunto lo mas homogéneo posible *en caliente*; por eso esa mezcla es enérgicamente removida i triturada hasta que se lleva sobre la calzada.

La calzada debe estar bien barrida i *completamente seca* al repartirse encima la mezcla anterior formando una capa homogénea. Despues de repartido i alizado el *mastic*, debe ser fuertemente cilindrado en seco, i la operacion debe hacerse lijero para que la masa quede compacta.

La calzada se puede entregar al servicio media hora despues del cilindrado final. *Es completamente prohibido colocar el mastic cuando la calzada está húmeda.*

e) *Otra receta.*— Tambien se hacen en Lóndres, calzadas con *mastic*, es decir de arenas i breas comprimidas, con las clases siguientes:

Arena pura i bien seca.....	7 m. cc.
Brea grasa de alquitran.....	90 kilos
Aceites pesados de alquitran.....	10 »

La que se confecciona como la anterior.

Los *espesores* de los revestimientos con mastic deben ser tales que, despues del cilindrado, queden de 5, 6½, 7½ a 10 centímetros, segun la exigencia de la circulacion; por eso ántes del cilindrado, las capas de mastic, tienen respectivamente 7½, 9½, 11½ i 15 centímetros; con los primeros i segundos espesores, se coloca el mastic, en *una sola capa*; con los demas se coloca en *dos capas* pizoneadas i cilindradas respectivamente.

Para evitar que los pisones i los cilindros no se peguen en el mastic hai que untarlos con aceites pesados.

Por causa de la finura de sus elementos, de la homojeneidad, compacidad i cohesion el mastic queda con superficies lisas i bastante resistente, i por eso son ménos sensibles a los frotamientos de las ruedas i a los choques de las herraduras de los caballos; por lo tanto, esos pavimentos presentan ménos, riesgos de desagregacion que los conglomerados con piedras cuya superficie queda siempre mas o ménos áspera. Pero en cambio son resbaladizos, cuando están húmedas i untuosos con el polvo i *se reblandecen con los fuertes calores*. Luego, si dan buenos resultados en Lóndres, será dudoso que los den en Santiago.

Calzadas con enlosados artificiales

14 bis). El Congreso del Camino de 1908 fué el primero que recomendólos adoquinados como el mejor revestimiento para las calzadas; pero reconociendo que su costo, en muchos casos es *cuatro veces* superior al Macadan, i su duracion, con tráfico intenso no pasa de 18 a 20 años, manifestó que habia verdadero interes en buscar otros revestimientos económicos i que fuesen suficientemente resistentes aun para el tráfico pesado i no se desagregue con la circulacion de los automó-

viles, i recomendó *los enlosados artificiales*, ya que los con piedras naturales a mas de ser caros, se ponen resbaladizos. Desde esa fecha, se han puesto en boga unos cuantos sistemas de los cuales citaremos los que son mas recomendados.

a) *Enlosados con cales i arenas*.—Dan mui buenos resultados i tienen un precio intermediario entre el Macadan i los adoquinados. Pueden usarse, como se ha hecho en muchos casos, colocándolos sobre las antiguas calzadas macadanizadas o ripiadas, o bien tratándolos como un pavimento fuerte, i por consiguiente colocándolo sobre fundaciones de hormigon. Las *losas* hechas con las mezclas *de cales i ladrillos molidos* trabajados i modelados bajo presion han dado resultados verdaderamente satisfactorios. Las losas artificiales se preparan con la mezcla siguiente:

Arena pura i seca.....	0.36	m.	cc.
Ladrillo o teja molida.....	0.36	»	»
Cal apagada grasa.....	0.48	»	»

La compresion de la mezcla en los moldes debe ser enérgica i de manera que el mortero que se ha formado haga presa bajo presion. Las losas que se tienen de esta manera, son casi tan resistentes como las piedras naturales, con la ventaja *que no se pulen* con el uso, sino que conservan su superficie mas o ménos áspera, siendo, sin embargo, mui suaves para el rodado. En muchos casos, *dada la duracion de estos pavimentos*, son bastante mas ventajosos económicamente hablando, que los *asfaltos*, sin tener el inconveniente de éstos de reblandecerse i ser resbaladizos.

b) *Enlosados con arena i cemento*.—Han dado tambien buenos resultados los enlosados hechos con la mezcla siguiente:

Arena pura seca.....	0.52	m.	cc.
Escoreas de fajas machefer.....	0.53	»	»
Cenizas de hullas tamizadas.....	0.16	»	»
Cal hidráulica en lechados.....	0.15	»	»
Cemento Portland.....	0.01	»	»

Las materias indicadas anteriormente son mezcladas íntimamente en seco, i despues apenas humedecidas; la mezcla, así casi seca, i es esencial este punto, se lleva al estado de pasta pulverulenta i firme por medio de un trapiche enérgico; i despues se reparte en la superficie de la calzada, la que debe haber sido ántes cuidadosamente lavada i barrida i se colocan en ella una o dos capas uniformes de la mezcla anterior i cada una de esas capas es pisoneada i cilindrada *en seco* durante bastante tiempo, para obtener un producto firme, compacto i sin poros i que adquiere al poco tiempo la dureza de piedras naturales no heladizas.

Todo el valor de la calzada, en este caso, está en la cohesion que toma el hormigon con la fuerte compresion de los pisones o del cilindrado; pero los enlosados obtenidos de esta manera, *no son impermeables*, sino cuando han sido bien confeccionados i su superficie ha quedado lisa i pulida por el cilindrado.

Nada pule mas i hace endurecer mas lijero estas superficies que un tratamiento vigoroso hecho con piedras planas; despues que se ha pisoneado las mezclas, con el pulido, se tapan los poros del hormigon i se hacen desaparecer las rasgaduras que se pueden haber producido, cuando principia la contraccion del mortero. Por otra parte, influye notablemente tambien en los resultados la *obra de mano*, trituracion enérgica i aglomeracion intensa por compresion de los elementos en los trapiches; la que se concluye con el cilindrado i pisoneadura en la calzada, i despues en su pulido. Estas operaciones que, para confeccionar un metro cúbico de hormigon, se necesitan mas de 15 hectólitros de materiales, cal, cemento i arena, que se hechan al trapiche. Así el hormigon comprimido, hecho liso, pesa de 2,200 a 2,400 kilos por metro cúbico.

c) *Losas confeccionadas en molde*.—Tambien se usan mezclas de cemento o de cal i arena, para confeccionar los moldes i colocarlos despues como los enlosados de piedra natural. Se gana con este procedimiento, en que la obra de mano de compresion i pulido de los hormigones, se hace en

talleres i por un personal especial, lo que abarata tambien el costo del metro cúbico confeccionado. I se tienen losas que resisten hasta 400 kilos por centímetro cuadrado, con toda facilidad.

d) *Principio en que se basan los enlosados artificiales.*— El sistema de *enlosados artificiales* está basado en los *principios fundamentales* dados por François Coignet para la fabricacion de los hormigones comprimidos i conglomerados, i que son los siguientes:

I. La intensidad de la pieza de los hormigones fabricados con una cal, dada su densidad, resistencia a la intemperie e impermeabilidad, *son proporcionales a su estado de aglomeracion.*

II. La aglomeracion no es posible mas que reduciendo las cantidades de agua a un *mínimum*; se emplean los materiales mezclándolos i pisándolos en el trapiche de una manera enérgica, hasta reducirlos al estado de pastas firmes i pulverulentas, que se condensan por la pisoneadura o por el cilindrado, convenientemente prolongado hasta llegar a la cohesion completa.

III. La presencia de un exceso de agua, hace imposible la conglomeracion del hormigon, i por lo ménos, la deja mui imperfecta i el producto queda entónces quebradizo i esponjoso i sin cohesion i absorbe las humedades. Algunos litros de agua de mas, bastan para producir estos efectos. Por eso, para asegurar el éxito, es preciso usar las arenas secas, reducir la de la cal, que ordinariamente es de $1/2$ o $1/3$, reducirla a $1/8$ *solamente de la masa total* i agregar puzolanas, que no tienen acciones químicas, sino que tienen como verdadero rol, el absorber el exceso de agua de manera que retengan en pastas mui compactas i firmes.

IV. Para la aglomeracion intensa bajo fuertes presiones, la cal contenida en los hormigones pasa a un estado molecular nuevo que, por la pieza perfecta, forma calcáreas compactas, cristalinas, análogas a las calcáreas naturales; miéntras que con los procedimientos ordinarios ellos dejan los

hormigones al estado de conglomerados, i por eso quedan frágiles, esponjosos i heladizos.

V. La aglomeracion, cuando se ha usado una buena cal hidráulica, a la cual se le ha agregado $1/30$ a $1/15$ de cemento, como puzolana, da un hormigon de pieza enérgica, de tal manera que 24 horas despues ella ha adquirido la dureza de las piedras, pudiendo ya ponérseles en contacto con el agua, i someterlas al tratamiento del tráfico de los peatones en las veredas; i al cabo de tres dias, pueden entregarse a la circulacion de los vehículos. Sin embargo por prudencia, se recomienda siempre no entregar al tráfico las calzadas de enlosado artificial, sino ocho dias despues de confeccionadas.

Calzadas de hormigon

15). Las calzadas de hormigon, *son las auxiliares* de los adoquinados i de los buenos Macadan, que prestan excelentes servicios en casos determinados. Cuando se han usado estas calzadas se trata de formar con ellas algo que se asemeje a la *piedra artificial*; por consiguiente, *su valor comercial i su duracion* dependen esclusivamente de las mezclas que se usen i de la obra de mano, la que tiene que ser bien cuidada, tanto en la perfecta trituracion i mezcla de los materiales, como en la confeccion del conglomerado, usando en él la menor cantidad de agua posible. Haciendo bien las mezclas, se consigue tener con las hormigones afirmados que se ejecutan con rapidez i que pueden ser entregadas al tráfico casi inmediatamente; así las veredas pueden ser entregadas al tráfico 24 horas despues de hechas; i los afirmados de las calzadas 15 dias despues de ejecutados.

Ahora, si se *quiere activar la entrega de las calzadas* al servicio público, se puede hacer, hasta hacerlo *ocho dias despues* de su confeccion valiéndose de la influencia que tiene la temperatura en la rapidez de la fragua de los hormigones i en sus durezas. Así tenemos que, si durante la elaboracion de los conglomerados se eleva la temperatura hasta 100 grados

centígrados, es posible, en pleno invierno, con las temperaturas de los inviernos europeos, *entregar las calzadas en 8 dias despues de hechas.*

No hai que olvidar tampoco el valor que tienen las arenas para la confeccion de los conglomerados, debiendo preferirse las duras silicosas con regularidad en el grosar de sus granos, puesto que se obtendrán así hormigones comprimidos mas resistentes que los que se confeccionan con arenas finas.

Un buena mezcla, para la confeccion de los conglomerados *para veredas*, es la siguiente:

Arena.....	7 partes
Tierra cocida; ladrillo molido...	1 »
Buena cal en pasta.....	1 »
Cemento.....	1/15 »

Para los afirmados *en las calzadas*, se confeccionan los hormigones con un poco ménos arena i agregando 1/10 de cemento o conservado las mismas 7 partes de arena i aumentando el cemento a 1/5.

Hai que advertir que las mezclas *sin cal*, fraguan mas lijero; pero son ménos estimadas para las calzadas porque dan hormigones mas quebradizos i ménos elásticos. Por eso, sólo pueden admitirse cuando las calzadas tienen que ser entregadas al tráfico mui lijero.

Los injenieros especialistas en caminos, hacen ver que en calzadas secundarias, el hormigon es superior a los adoquinados, porque son mas baratos i forman una capa con superficie unida i lisa sin ser resbaladizos; por consiguiente, procuran un rodado mui suave; *en todo caso* estiman que debe preferirse la calzada de hormigon, *a la de adoquinados baratos*, es decir colocados con las juntas permeables, llenándolos simplemente con arena, como se suele hacer entre nosotros constantemente, por cuanto las aguas con todos los miasmas, etc., que se recojen sobre el adoquinado, penetran por

las juntas de arena i llegan en ocasiones a hacer que las calles queden un tanto pestilentes. Mientras que el hormigon es impermeable i la superficie de la calzada se lava i no acumula miasmas ni sustancias que pueden entrar en putrefaccion.

Sobre el *Macadan corriente*, tiene la ventaja de ofrecer, en verano, sin necesidad de riegos con Westrumite, una superficie firme i unida; es efectivo que el Macadan corriente tiene menor gasto de primera instalacion que los hormigones; pero tienen mayores gastos de conservacion *i son inadmisibles para el tráfico moderno con autos*. En Inglaterra, se estima la calzada de hormigon, como la de un buen *tar-macadan*, pero que tiene mayor desgaste, i por eso las usan *como complementarias* cuando se quieren arreglar lijero algunas calles o caminos que ántes sólo tenían tráficos mui secundarios. Entre nosotros, puesto que las breas i los alquitranes para confeccionar los buenos *tar-macadan*, son caras, las calzadas con hormigones pueden prestar mui buenos servicios en muchos casos.

En Estados Unidos son mui estimados porque aseguran un rodado suave, sin choques ni trepidaciones, i los caballos no resbalan en ellas como pasa en los asfaltos, por cuanto el *hormigon conglomerado* es de superficie áspera i no se pule.

No parece racional entónces que, si se quiere entre nosotros *calzadas de lujo*, es decir que no metan la bulla de los adoquinados i sean suaves, *se usen las buenas calzadas de hormigon conglomerado*, las que con un tráfico fuerte, se desgastan mas o ménos lijero; pero, aún con ese inconveniente, *duran mas que los asfaltos reblandecidos al sol* que estamos usando a todo costo. Así parece, que debian ensayarse por lo ménos; *tene-mos buenas cales en el pais*, luego, ese pavimento seria el que use ménos materia prima extranjera i aun *ninguna*, si tenemos le cordura de usar en él de Cemento del Melon u otro fabricado en Chile.

No podrán decir los ingenieros encargados de las pavimentaciones, que la obra de mano del hormigon conglomerado i

comprimido, para formar, como *piedra artificial*, es un misterio, ni que sea mas costosa i exija mas cuidados i precauciones que la confeccion de los asfaltos; luego, por donde se examine este pavimento, parece que es el que debe entre nosotros reemplazar los asfaltos, que no son para nuestro clima *i que tenemos que pagarlos en pesos de oro*.

Calzadas de cascajos, ripios, etc.

16). Es evidente que lo mas económico, para tener un afirmado *mediano*, en las carreteras, se puede conseguir con el uso racional de los ripios i cascajos de nuestros rios; no por cierto, botándolo a granel sobre la superficie de las carreteras i dejándolo ahí, para que lo pisen i lo impregnen en el terreno, el tráfico i las ruedas de nuestras enormes carretas. Pero, basta observar que, con ese procedimiento tan rudo, es como se ha conseguido mejorar nuestras calzadas, para que se vea que, si usamos ese mismo procedimiento en mejores condiciones no podemos ménos que esperar resultados mui favorables.

Desde luego, es evidente que los ripios, cascajos, etc., que se quieren usar para reforzar la superficie natural del suelo, no deben ser botados a granel en toda la carretera, sino dentro de un cofre convenientemente preparado, para que no se ensucien i pierdan sus propiedades; por otra parte, para repartir bien las presiones en los suelos, en el fondo de esos cofres convendrá poner piedras grandes lo mas planas posible i sobre esa capa de piedras gruesas, repartir los ripios o cascajos, los que quedarán limitados *por las soleras laterales* que les impidan mezclarse con las tierras sucias de las veredas. Naturalmente, si se colocan esos ripios, por capas de 0.15 o 0.10 de espesor i se les cilindra, humedeciéndolos, se tendrá una especie de Macadan deficiente, pero que habrá formado un afirmado mejor, que el ripio botado a granel como se usa actualmente.

Evidentemente, que estas calzadas con gravas i cascajos de rios, son las mas económicas, i aunque sean sucias mejo-

ran sensiblemente las carreteras en todo sentido, *si se ha cuidado de sus fosos para que las aguas no las resblandezcan* i las hagan trasformarse en hormigones con liga de fango i barros, porque en esos casos pierden toda su eficacia.

Las calzadas enripiadas se usan mucho en todos los países europeos; pero, colocando los ripios como lo hemos manifestado, en un cofre adecuado i sobre fundaciones, si bien no de hormigones, pero sí de piedras gruesas i *aun de fajinajes* que impidan la penetración de las piedras en los terrenos blandos i húmedos de los subsuelos, si ello es necesario, dejando la capa de ripios de 0.30 a 0.40 de espesor, encajonada entre las soleras. A estos afirmados, para facilitarles el escurrimiento de las aguas de lluvias, e impedir, en cuanto se pueda, que penetren al través de los ripios, se acostumbra darles un fuerte declive, hasta el 1/30, puesto que la superficie de rodado es mui áspera. Cuando no hai piedras baratas en las diversas localidades por donde pasan las carreteras, *las soleras*, se hacen de ladrillos, medios vitrificados, o con topes de 0.25 de largo por 0.20 de ancho i 0.20 de espesor. Siempre que sea posible, se escojerán los ripios de manera que los que tengan piedras gruesas hasta de 0.10 mas o ménos de diámetro, formen la primera capa sobre las fundaciones, la cual, despues de cilindrada, recibe la segunda capa con ripios con piedras mas chicas de 0.06 a 0.04 de diámetro i formando un Macadan, mui ordinario, por las arenas, etc. que van siempre con los ripios. Estas calzadas de ripios son sucias, dando mucho polvo en verano i barros en invierno; algo se pueden correjir estos defectos regándolos con Westrumite o sus similares, sin que se llegue a conseguir hacerlos desaparecer, como se consigue en los buenos Macadan.

Planchados

7). Los *planchados* prestan siempre mui buenos servicios en las travesías de terrenos pantanosos, como pasa constantemente

te en algunas provincias del sur i en Chilóé. Desgraciadamente entre nosotros se ejecutan de una manera mui grosera i por eso quedan, en la mayor parte de lós casos, *intransitables para los vehículos*. Siendo la madera abundante i de bajo precio, se contentan los ajentes de nuestros caminos, con cortar troncos i atravesarlos en la carretera i a veces colocarles encima unas cuantas ramas o un poco de ripio, *para decir que han formado un planchado*, cuando en realidad sólo han hecho una acumulacion de troncos, por lo cual las cabalgaduras tienen que andar con sumo cuidado para no resbalarse; i cuando los animales no están acostumbrados a ellas, no los pueden usar.

Los *planchados mas cuidados* que se ejecutan en Chile, aunque deficientes, son los de las calles de Valdivia, i tienen las disposiciones que se ven en las figuras 1 i 2. Miéntras tanto, si comparamos esas calzadas con los *planchados* que se ejecutan corrientemente en Rusia, figuras 3 i 4 se verá que los nuestros son completamente rudimentarios.

Planchados de las calles (fig. 1) de Valdivia en 1915.

Los *planchados rusos* tienen por base los tablones A, A, A, (fig. 3) que se encuentran bien acuñados contra el sueló, ya sea con un poco de ripio, o ya con fajinajes como lo muestra el corte NN. La superficie de rodado es un *entablado* hecho con trozos de tablas B, B, con juntas alternadas. Así se aprovecha en ellos todos los *despuntos* de las tablas que se elaboran para el comercio i para impedir que sean resbaladizos, se les agujerea un tanto la superficie para que las herraduras de los caballos encuentren apoyos en ellos, a mas de los que proporcionan las juntas de los entablados. Para hacer mas económicos aun los *planchados*, los rusos usan tambien la disposicion de la fig. 4; es decir, los tablones soportes A, A, A, son reemplazados por *medios troncos* T, T, sobre los cuales se clavan los tablones del piso del rodado. Se comprende al ver las disposiciones de los *planchados rusos que admitan bien el rodado de vehículos*, con tal que no sean mui pesados, porque de otro modo se hundirian los tablones

FIG. (1)

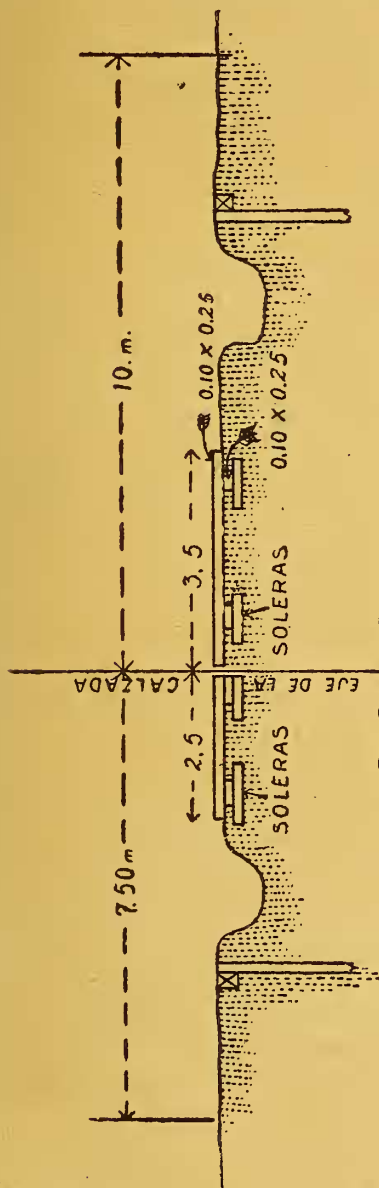
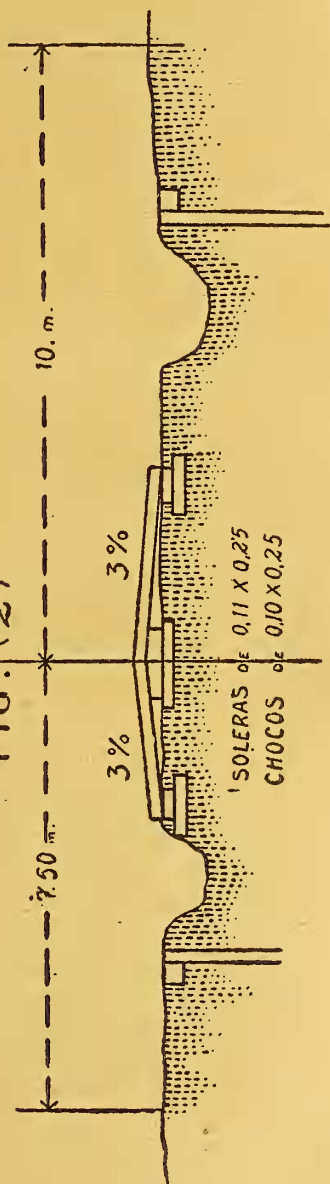


FIG. (2)



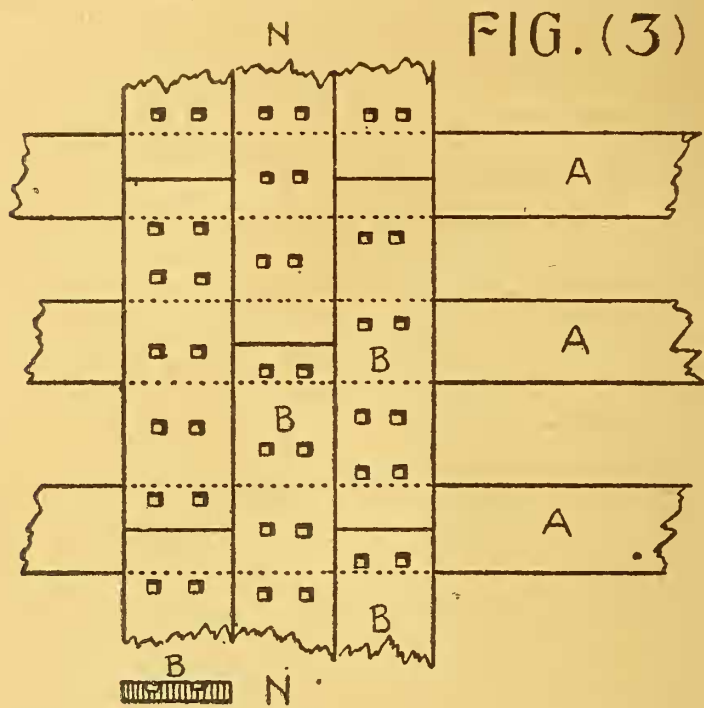
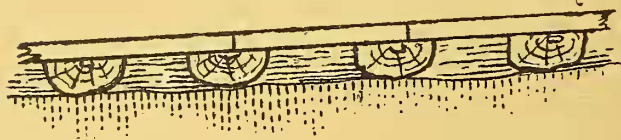


FIG. (4)



soportes A, A, o los medios trancos T, T, i se deformaria toda la calzada. Es de aconsejar ese tipo de calzada de planchado para nuestras ciudades del sur que las necesitan.

(Continuará).